

55

公開実用 昭和55—48159



正

実用新案登録願(4) 後記号なし

特許庁長官殿

53. 9. 22

考 案 の 名 称

昭和 年 月 日

小形扁平な光アイソレータ

考 案 者

東京都港区芝五丁目33番1号
日本電気株式会社内

買 入 文

実用新案登録出願人

東京都港区芝五丁目33番1号
(423) 日本電気株式会社

代表者 田 中 忠 雄

代 理 人

〒108 東京都港区芝五丁目33番1号
日本電気株式会社内

(6591) 弁理士 内 原 晋
電話 東京 (03) 454-1111(大代表)

添付書類の目録
53. 9. 26
第二課
山本

明 細 書 1通
図 面 1通
委 任 状 1通
願 書 副 本 1通

万 式 登 記 印

53 131590 55-48159

明 細 書

1. 考案の名称

小形扁平な光アイソレータ

2. 実用新案登録請求の範囲

入射光を直線偏光に変換する第一の偏光性素子と、該直線偏光を交互に反射して一つの平面内で複数回折り返す二つの反射手段と、該二つの反射手段の中間に配置され、前記のように複数回折り返される該直線偏光が内部を通過する扁平なほぼ直方体形のフェラデー回転素子と、中心部に該フェラデー回転素子を配置するための扁平なほぼ四角形の貫通孔を有し、該貫通孔の方向に磁化された扁平なほぼ直方体形であって、該貫通孔内に配置された該フェラデー回転素子中を前記複数回折り返して通過する該直線偏光にほぼ45度の旋光を生ぜしめる永久磁石と、該フェラデー回転素子からの出射光がほぼ最小の損失で通過するように配置された第2の偏光性素子とからなる小形扁平

な光アイソレータ。

3. 考案の詳細な説明

この考案は光波領域でのアイソレータ、特に光ファイバ通信等に適した光アイソレータに関する。

最近、光ファイバ通信の研究開発が急速に進展し、その実用化が進みつつあるが、この光ファイバ通信に用いられる各種光デバイス（光ファイバ、発光素子と光ファイバの結合回路等）の性能向上、特に挿入損失の減少に伴って新たな問題が発生してきた。即ち、各種光デバイスの端面等での反射光があまり損失を受けずに発光素子まで戻るために、発光素子がレーザ発振器（半導体レーザ等）である場合には、その動作特性に悪影響を及ぼし、場合によっては通信品質を極度に劣化させるという問題である。また、各種光デバイスの端面等での多重反射により、伝送信号にエコーが乗ってしまいという問題も生じる。

これらの問題の解決方法の1つとして、偏光性素子（偏光板、偏光プリズム等）と $\frac{1}{4}$ 波長板を組

合せた光学回路が考えられる。この回路は、入射する光を偏光性素子により直線偏光に変換し（偏光性素子による変換とは、任意の入射光から直線偏光を取り出しうるような作用であるとする）、次いで $\frac{1}{4}$ 波長板により円偏光に変換して出射するものである。この円偏光の出射光がガラス面等の均一な面で反射され逆回りの円偏光となって戻ってくると、その逆回り円偏光の反射光は先の $\frac{1}{4}$ 波長板により、偏光性素子により変換された上記の直線偏光に対して垂直な直線偏光に交換されるので、この偏光性素子を逆方向に通過しては実質上同じ光路を戻れない（即ち偏光性素子で吸収されたり、光路を変えられたりする）。従ってこの回路は、反射面が鏡面でありかつ光路中で偏光状態が乱されないような条件の場合にのみ、反射光除去回路として有効である。

ところで、光ファイバ中を伝搬する光は、僅かな距離すすんでもその偏光状態が乱されるため、一定の偏光方向を有する直線偏光ないし円偏光として存在することができないので、光ファイバ中

を戻ってくる様な反射光に対しては、前記の回路は有効でない。従って、光ファイバからの反射光を阻止するためには、マイクロ波領域等におけるアイソレータと同様の機能を有する光アイソレータが必要である。このような光アイソレータを実現する方法としては、磁気光学効果の1つであるファラデー効果を利用する方法がある。この方法による光アイソレータは、通過する直線偏光に不可逆的に45度の旋光を生じさせるものであって、このためには一般にファラデー効果の大きい物質（以下これをファラデー回転素子と呼ぶ）に比較的高い磁場を印加する必要がある。現在光ファイバ通信用の発光素子として有望視され、かつ最も研究の進んでいるGaAlAs系の半導体レーザの発振波長（約0.8 μm ）付近では、ファラデー回転素子として、磁性体は吸収損失が大きいため使用できず、比較的ペルデ定数（単位磁場・単位長さ当りの旋光角）が小さい反磁性体や常磁性体を使用しなければならない。

これらの材料を用いて、波長0.8 μm 付近で使



用できる光アイソレータを発光素子と光ファイバの間に容易に実装できるような構造で実現する方法として、^昭実願第53-76885号の「永久磁石を用いた光アイソレータ」がある。これは、永久磁石の磁化方向にあけられた一つの貫通孔の内部に、両端に光の反射手段を有し内部に入射した光が複数回折り返して通過したあと出射するような構造を有するファラデー回転素子を配置し、そのファラデー回転素子の両側にそれぞれ偏光性素子を配置し、さらにその偏光性素子の外側に必要に応じてレンズ系を配置してなる光アイソレータである。この光アイソレータの例としては、岡、植木が電子通信学会の光量子エレクトロニクス研究会で発表した「光ファイバ通信用 0.8 mm 帯光アイソレータ」(電子通信学会技術研究報告 OQE78-35 (1978年) 参照)がある。これに示された光アイソレータは、断面が円形で、小形化が十分にはなされていないので、光ファイバ通信装置に用いられる電気パネル等への実装には十分適しているとは言えないものであった。

光ファイバ通信等に適した光アイソレータとしては、発光素子と光ファイバの間に容易に実装できるような構造であること、またパネル等への実装のため、出来るだけ扁平な形状であることが望ましいのであるから、このような小形扁平な光アイソレータが実現できれば実用上の効果は極めて大きい。

本考案の目的は、このような要望に答える光アイソレータ、即ち波長 $0.8\mu\text{m}$ 付近の光波領域で使用可能であり、発光素子と光ファイバ間に容易に実装できるような構造で、かつ光ファイバ通信装置に用いられる電気パネル等への実装が容易な小形扁平な光アイソレータを提供することにある。

本考案によれば、入射光を直線偏光に変換する第1の偏光性素子と、該直線偏光を交互に反射して一つの平面内で複数回折り返す二つの反射手段と、該二つの反射手段の中間に配置され、前記のように複数回折り返される該直線偏光が内部を通過する扁平なほぼ直方体形のファラデー回転素子と、中心部に該ファラデー回転素子を配置するた

めの扁平なほぼ四角形の貫通孔を有し、該貫通孔の方向に磁化された扁平なほぼ直方体形であって、該貫通孔内に配置された該フェラデー回転素子中を前記複数回折り返して通過する該直線偏光にほぼ45度の旋光を生ぜしめる永久磁石と、該フェラデー回転素子からの出射光がほぼ最小の損失で通過するように配置された第2の偏光性素子とからなる小形扁平な光アイソレータが得られる。なお、偏光性素子とは、任意の入射光から直線偏光成分を取り出す機能を有する光学素子の総称であり、例えば1つの直線偏光のみを通過させる偏光板や、入射光の光路に対して光学軸が0度もしくは90度以外の角度を成すようにカットされていて入射光が2つの位置の異なる直交する直線偏光に分離されるような複屈折結晶や、直交する直線偏光の入射光に対してそれぞれ出射する光の位置や角度が異なる偏光プリズム（ロションプリズム、グラントムソンプリズム等）あるいは多層の誘電体蒸着膜を2つの直角プリズムではさんでなる偏光ビームスプリッター等が含まれる。

本考案の構成要素である中心部に扁平なほぼ四角形の貫通孔を有しその貫通孔の方向に磁化された扁平なほぼ直方体形の永久磁石は、その貫通孔の内部に貫通孔方向の磁場を生じるためのものである。その貫通孔は、永久磁石の扁平なほぼ直方体形にあわせて、扁平なほぼ四角形の形状である。この形状の永久磁石の利点の第1は、その貫通孔の断面内の磁場分布を比較的均一にすることができることである。これに対し、外形が同一であって貫通孔の形状が円形や正方形に近い永久磁石の場合には、永久磁石の肉厚が場所により異なるから、その貫通孔の断面内の磁場分布は均一にならず、そのためにその貫通孔内部に配置されるファラデー回転素子中を通過する光ビームの断面内において旋光角が一様にならないので、アイソレーション低下の原因となる。第2の利点は、貫通孔が扁平なほぼ四角形の形状を有しているので、その貫通孔内部の磁場を無駄なく使用するためには、その貫通孔内部に配置するファラデー回転素子も扁平なほぼ直方体形にし、かつファラデー回転素

子の内部全体にわたり光が通過するようにすることが望ましいが、この形状のファラデー回転素子においては入射光を複数回折り返してファラデー回転素子の内部全体にわたり通過したあと出射させる構造を実現するのが極めて容易になるということである。即ち、そのためにはファラデー回転素子の扁平な両端面の外側に一組の平行に配置された反射鏡を配置するだけでよい（但し、光の入射する部分と出射する部分には反射鏡がないことが必要である）。以上の説明からわかるように、中心部に扁平なほぼ四角形の貫通孔を有しその貫通孔の方向に磁化された扁平なほぼ直方体形の永久磁石と、その貫通孔内部に配置される扁平なほぼ直方体形のファラデー回転素子の組合せは、発光素子と光ファイバの間に容易に実装できるような構造（即ち、ファラデー回転素子の入出射面近くに発光素子や光ファイバを配置しやすい構造）の光アイソレータを実現するのに、またパネル等への実装に適した小形扁平な光アイソレータを実現するのに極めて有効である。しかも、ファラデー

一回転素子中を通過する光ビームの断面内の各部分の旋光角を一様に保つことができ、アイソレーションの低下を防ぐことができるという利点もある。

次に本考案を図面を用いて詳細に説明する。

第1図はこの考案の一実施例の縦断面図であり、第2図はその側面図である。ファラデー回転素子3には互いに平行な斜めの2面に第1、第2の反射鏡31、32が形成されており、これらにほぼ対向する第1、第2の面33、34には、それぞれ第1、第2の偏光プリズム2、4が透明な光学接着剤で接着固定されている。ファラデー回転素子3は、希土類イオンを含んだ長さ約2mmの常磁性ガラスであり、そのベルズ定数は波長0.83μmで1エルステッド及び1mm当り約0.14分である。第1、第2の反射鏡31、32は誘電体多層膜の反射鏡であり、使用すべき波長0.83μmの光に対し高反射率を有している。第1の面33より垂直に入射した光は、第1の反射鏡31と第2の反射鏡32との間で交互に計6回反射され、ファラデ

字訂正
字削除

21

一回転素子3中を7回通過して第2の面34より垂直に出射する(この時の光の光路はすべて同一の平面内にある)。さらに第1、第2の偏光プリズム2、4には、ファラデー回転素子3の反対側に、それぞれ第1、第2のレンズ作用素子1、5が透明な光学接着剤で接着固定されている。第1、第2の偏光プリズム2、4は、1つの直線偏光が直進しそれに直交する直線偏光が屈折するロシェンプリズムである。第2の偏光プリズム4は第1の偏光プリズムに対し入出射面に垂直な軸のまわりにほぼ45度回転した様な位置関係にある。第1、第2のレンズ作用素子1、5は、いわゆる集束性光伝送体を1/4ピッチの寸法に切断して両端面を平行に光学研磨した光学素子であり、一方の入出射面上の一点に入射した光をほぼ平行な光に変換して他方の入出射面より出射する機能を有する。なお、1ピッチとは、集束性光伝送体中を伝搬する光の蛇行周期の長さを言う。第1のレンズ作用素子1の入射面11には、この考案の光アイソレータ自体による反射光が戻らないようにする

ための反射防止膜12が形成されている。永久磁石6は、磁石の小形化の点で有利なサマリウム・コバルト系の高性能永久磁石である。その外形寸法は約 $15 \times 25 \times 20 \text{ mm}$ であり、断面は $15 \times 25 \text{ mm}$ の扁平状になっていて、ファラデー回転素子3を配置するための扁平なほぼ四角形の貫通孔を有していて、その貫通孔の方向に磁化されているため、その貫通孔方向に平均 1400 Oe/cm の磁場が発生している。この磁場の貫通孔断面内の分布は、扁平なほぼ直方体の永久磁石6の肉厚が場所によらずほぼ一定であるため、ほぼ均一である。このため、その貫通孔内部に配置されるファラデー回転素子3中を通過する光ビームに45度の旋光が生じる際に、光ビームの断面内で旋光角が一様にならないという問題は実質上ほとんど無くすることができる。

次にこの実施例の作用を説明するために、波長 $0.83 \mu\text{m}$ の直線偏光の第1の集束光101がこの実施例の光アイソレータに左から入射する場合（以下この方向を順方向と呼ぶ）を述べる。第1の集

束光 101 は図面に平行に偏光しているとする。第 1 の集束光 101 は第 1 のレンズ作用素子 1 に入射してほぼ平行光 102 に変換され、次に第 1 の偏光プリズム 2 をそのまま通過し、図面に平行に偏光している第 1 の直線偏光 103 となる。第 1 の直線偏光 103 は第 1 の面 3 3 よりファラデー回転素子 3 の中に入り、第 1、第 2 の反射鏡 31、32 により交互に反射され、第 1 図に示される総計約 14 - の長さのジグザグの光路を進み、第 2 の面 3 4 より出射するが、そのときは 45 度旋光した第 2 の直線偏光 104 に変換されている。第 2 の偏光プリズム 4 は第 1 の偏光プリズム 2 に対し 45 度回転して配置してあるので、第 2 の直線偏光 104 はそのまま通過して第 3 の直線偏光 105 となり、第 2 のレンズ作用素子 5 に入射して第 2 の集束光 106 となる。第 2 の集束光 106 は、第 1 の集束光 101 とほぼ同一のスポットサイズを有する光であるから、第 1 の集束光 101 が光ファイバに効率よく結合されるような光である場合にはこの実施例の光アイソレータの後に接続される同種の光ファイバ

1

2

に対して効率よく結合されることになる。次に、その光ファイバに結合されて伝搬する光が何らかの原因（例えば光ファイバのコネクタ部での反射）により一部戻ってくるとする。このような光は逆方向入射光として、第2のレンズ作用素子5に入射しほぼ平行光に変換される。この逆方向の平行光は一般に直線偏光ではないので、第2の偏光プリズム4の中で、順方向の第3の直線偏光105と同一の光路を逆方向に進めるのは、第3の直線偏光105と同一の偏光方向をもつ直線偏光成分に限られる。このような偏光の逆方向の直線偏光成分は、順方向の第2の直線偏光104と同一の光路をたどり、ファラデー回転素子3中を逆方向に進むが、第1の面33における逆方向の直線偏光成分は、順方向の第1の直線偏光103に直交するような偏光（図面に垂直な偏光）に変換されている。これは、ファラデー回転素子3中を通過する光に生じる45度の旋光が、非可逆性の旋光であるためである。従って、逆方向の直線偏光成分は第1の偏光プリズム2の中で、順方向の第1の直線偏

光 103 の光路とは異なる角度で進み、そのため第 1 のレンズ作用素子 102 の中では、もはや順方向の平行光 102 とは位置及び角度が一致することがない。従って、逆方向の直線偏光成分は、第 1 のレンズ作用素子 102 を出射後、第 1 の集束光 101 とは全く異なった光路を進むことになる。従って、本考案の小形扁平な光アイソレータは、逆方向入射光に対し順方向入射光の光路に関して見た場合の透過率が実質上零となる。

この実施例の小形扁平な光アイソレータの特長は、扁平なほぼ直方体形のファラデー回転素子と中心部に扁平なほぼ四角形の断面の貫通孔を有しその貫通孔の方向に磁化された扁平なほぼ直方体形の永久磁石 6 とを使用しているため、全体が小形扁平にでき、かつファラデー回転素子 3 の両側に他の光学部品を近接して配置でき、そのため発光素子と光ファイバの間に容易に実装できるという点の他、光学部品（レンズ作用素子 1、5、偏光プリズム 2、4、ファラデー回転素子 3）が互いに透明な光学接着剤で接着されているため、光学部

品の端面での反射損失が小さくできかつ互いの位置関係が安定に保たれ、また耐環境性が優れているという点である。

偏光プリズム 2、4 として使用したロションプリズムは他の偏光プリズム（即ちグラントムソンプリズム等）でもよく、また光路が光学軸と 0° もしくは 90° 以外の角度をなすようにカットされた複屈折結晶等でもよい。またファラデー回転素子 3 中を通過する光の通過回数は 7 回以外の回数であってもよい。また本考案の扁平な永久磁石 6 とファラデー回転素子 3 の組み合わせは、無偏光の入力光に対して有効な、内田、植木による特願昭 52-64315 号の「光アイソレータ」の「ファラデー回転素子」としても使用できる。なお、本考案の光アイソレータに入射する光が平行光のビームである場合には、実施例の第 1 のレンズ作用素子 1 が不要になる。さらに、本考案の光アイソレータからの出射光を平行光のビームとして取り出したい場合には、実施例の第 2 のレンズ作用素子 5 が不要になる。

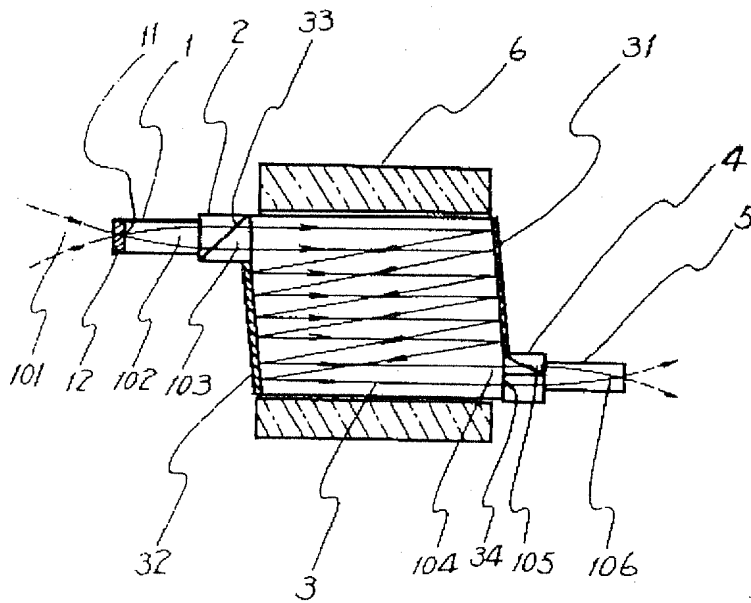
4. 図面の簡単な説明

第1図は、本考案の一実施例の縦断面図であり、第2図はその側面図である。

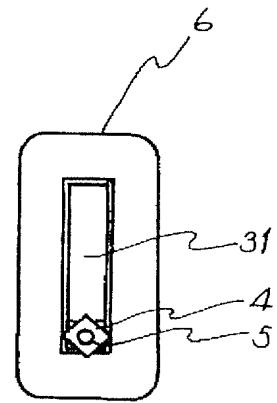
図において、1はレンズ作用素子、11は入射面、12は反射防止膜、2は偏光プリズム、3はファラデー回転素子、31、32は反射鏡、33、34は面、4は偏光プリズム、5はレンズ作用素子、6は永久磁石、101は集束光、102は平行光、103、104、105は直線偏光、106は集束光である。

代理人 弁理士 内 原 晋

第1図



第2図



Japanese Utility Model Application Publication No. 55-048159

A small size flat optical isolator comprising a first polarizing element that converts incident light into linear polarized light, two reflection means that reflect the linear polarized light alternately and return it more than once in one plane, a flat nearly rectangular parallelepiped Faraday rotation element that is placed at the midpoint of the two reflection means, and through an inside of which the linear polarized light, that is returned more than once as described above, passes, a permanent magnet that is a flat nearly rectangular parallelepiped having a flat nearly quadrilateral through-hole for placing the Faraday rotation element in the center portion and being magnetized in a direction of the through-hole and that generates rotary light of nearly 45 degree to the linear polarized light passing through an inside of the Faraday rotation element placed in the through-hole with returning more than once, and a second polarizing element that is placed in a manner that outgoing light from the Faraday rotation element passes through it with nearly minimum loss.

Brief Description of the Drawings

Fig.1 is a vertical cross-sectional view of one embodiment of this invention, and Fig.2 is its side view.

In the figures, 1 designates a lens operation element, and 11 designates an incidence plane, and 12 designates an anti-reflection film, and 2 designates a polarizing prism, and 3 designates a Faraday rotation element, and 31, 32 designate reflecting mirrors, and 33, 34 designate planes, and 4 designates a

polarizing prism, and 5 designates a lens operation element, and 6 designates a permanent magnet, and 101 designates converging light, and 102 designates parallel light, and 103, 104, 105 designate linear polarized light, and 106 designates converging light.